昆 虫 学 报 Acta Entomologica Sinica, May 2012, 55(5): 570 - 574 ISSN 0454-6296

# 舞毒蛾卵寄生蜂大蛾卵跳小蜂发育与温度的关系及利用替代寄主柞蚕卵繁育的子代品质评价

王建军[1], 魏建荣[1,*], 王玉珠[2], 张永超[1]

(1. 河北大学生命科学学院, 河北保定 071002; 2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

**摘要**: 舞毒蛾 *Lymantria dispar* (L.)是国际性检疫害虫。大蛾卵跳小蜂 *Ooencyrtus kuwanae* (Howard)是舞毒蛾卵的重要寄生蜂, 对舞毒蛾有一定的控制作用。为了在规模化繁育大蛾卵跳小蜂时控制小蜂的发育进度, 设置不同的温度梯度研究了该蜂发育与温度的关系; 同时, 为了对替代寄主繁育出的天敌质量进行评价, 对利用其自然寄主舞毒蛾卵和替代寄主柞蚕 *Antheraea pernyi* 卵繁育出的子代成蜂的寿命、胸宽、雌雄性比进行了比较。结果显示: 大蛾卵跳小蜂的发育起点温度和有效积温分别为 10.50 ± 1.41℃ 和 260.74 ± 25.09 日·度, 温度与发育速率的关系为 $T = 10.50 + 260.74V$。当采用 30% 的蜂蜜水饲喂成蜂时, 柞蚕卵繁育出的大蛾卵跳小蜂雌、雄蜂的平均寿命分别为 15.01 和 10.38 d, 采用原寄主舞毒蛾卵繁育出的雌、雄蜂平均寿命分别为 20.94 和 15.95 d, 两者差异显著; 采用柞蚕卵繁育出的雌蜂个体显著大于用舞毒蛾卵繁育出的雌蜂个体; 柞蚕卵和舞毒蛾卵繁育出的大蛾卵跳小蜂雌雄性比没有显著差异, 分别为 2.42∶1 和 2.57∶1。结果表明, 在野外开展舞毒蛾的生物防治时, 释放利用柞蚕卵繁育出的大蛾卵跳小蜂具有可行性。

**关键词**: 大蛾卵跳小蜂; 舞毒蛾; 柞蚕; 大规模繁殖; 替代寄主; 有效积温; 子代品质

**中图分类号**: Q968 **文献标识码**: A **文章编号**: 0454-6296(2012)05-0570-05

# Relationship between temperature and development of *Ooencyrtus kuwanae* (Hymenoptera: Encyrtidae), the egg parasitoid of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), with an evaluation of its offspring quality reared from eggs of the substitute host *Antheraea pernyi* (Lepidoptera: Saturniidae)

WANG Jian-Jun[1], WEI Jian-Rong[1,*], WANG Yu-Zhu[2], ZHANG Yong-Chao[1] (1. College of Life Sciences, Hebei University, Baoding, Hebei 071002, China; 2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract**: *Lymantria dispar* is an international quarantine forest insect pest. *Ooencyrtus kuwanae* (Howard) is an important egg parasitoid of *L. dispar* (L.) and effective against the host population in some areas. In order to establish the mass rearing methods in practice, the relationship between development of *O. kuwanae* and environmental temperature was studied through rearing at 5 different environmental temperatures. Since eggs of *Antheraea pernyi* Guerin-Meneville are cheap and easily available, it is used as the substitute host in mass rearing of the *O. kuwanae* in the laboratory. The quality of offsprings emerged from *O. kuwanae* was evaluated by comparison with offsprings emerged from the natural host *L. dispar*. The results showed that the developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of *O. kuwanae* are 10.50 ± 1.41℃ and 260.74 ± 25.09 day degrees, respectively. The regressive equation between temperature and developmental rate is $T = 10.50 + 260.74V$. When *O. kuwanae* adults were fed with 30% honey, the mean life-span of males and females emerged from eggs of *L. dispar* (15.95 and 20.94 d, respectively) was longer than that of males and females emerged from eggs of *A. pernyi* (10.38 and 15.01 d, respectively). The body size of females emerged from eggs of *A. pernyi* was significantly larger than that of females from *L. dispar* eggs. The female to male ratio of *O. kuwanae* emerged from eggs of *L. dispar* and *A. pernyi* was similar, 2.42∶1

基金项目: 林业公益性行业科研专项项目(200904029); 河北大学自然科学研究计划项目(2010-205)

作者简介: 王建军, 男, 1986 年生, 河南周口人, 硕士研究生, 研究方向为森林害虫生物防治与化学生态, E-mail: jjw653723@126.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: weijr@hbu.edu.cn

收稿日期 Received: 2011-12-30; 接受日期 Accepted: 2012-04-24

and 2.57∶1, respectively. The results indicate that *O. kuwanae* offsprings mass-reared with the substitute host *A. pernyi* could be used as one of effective biological control agents for controlling *L. dispar* in fields.
**Key words**: *Ooencyrtus kuwanae*; *Lymantria dispar*; *Antheraea pernyi*; mass rearing; substitute host; effective accumulated temperature; offspring quality

舞毒蛾 *Lymantria dispar* (L.)是国际性检疫害虫，既取食阔叶树，也取食针叶树，在美洲和我国局部地区常常暴发成灾，严重时可将整片森林的叶片吃光(李镇宇等, 2001)。一年发生 1 代，卵期从 8 月至翌年 4 月。大蛾卵跳小蜂 *Ooencyrtus kuwanae* Howard(膜翅目，跳小蜂科)是舞毒蛾卵期的主要天敌(Hérard, 1979; Brown and Cameron, 1982; 严静君等, 1994; 姚德富和严静君, 1994)，也是松毛虫 *Dendrolimus* spp. 和柳毒蛾 *Stilpnotia salicis* L. 等鳞翅目害虫卵的寄生蜂。国内已知分布于吉林、辽宁、北京、湖南、四川等省市，国外分布于日本，曾引入西欧、北非和北美等地的许多国家控制舞毒蛾的危害(严静君等, 1989)。

大蛾卵跳小蜂对舞毒蛾卵的任何发育阶段都可寄生，并且可以顺利地完成生活史。从卵到成虫羽化，在 25℃ 条件下需要 21 d，30℃ 时需要 14 d (Brown, 1984; 严静君等, 1994)。美国引种释放后，该蜂在康涅狄格州每年可完成 4 ~ 5 代，在意大利和西班牙，一年可以完成 6 ~ 7 代。一般情况下，1 粒舞毒蛾卵内只羽化出 1 头大蛾卵跳小蜂，但偶然有羽化出 2 头小蜂的情况(Brown, 1984)。1969 - 1971 年在引入美国宾夕法尼亚州的 11 种舞毒蛾天敌中，仅有 3 种在当地定居，大蛾卵跳小蜂便是其中的一种，并且在所有发现舞毒蛾卵的地区均已定居(Smilowitz and Rhoads, 1973)。摩洛哥从美国引种大蛾卵跳小蜂 50 年后，对采自两个地区的大蛾卵跳小蜂的成蜂寿命、繁殖力、产卵历期及雌蜂产正常卵的比率进行比较，结果发现两地种群差异不大(Hérard and Mercadier, 1980)，说明大蛾卵跳小蜂能够适应当地的生存环境而自身特性没有明显变化。近年的研究表明，大蛾卵跳小蜂种群间存在一定的局部交配竞争特性(Somjee *et al.*, 2011)，说明大蛾卵跳小蜂在自然界存在不同的种群。

为了减少化学农药的使用，保护环境，实现对舞毒蛾的可持续控制，有必要提高舞毒蛾的生物防治率。我国学者在野外调查舞毒蛾卵的寄生蜂时发现，大蛾卵跳小蜂在北京地区的昌平、海淀，自然寄生率为 2% 左右(李镇宇等, 2001)；在延庆较高，可达到 9.7%，并且寄生率普遍高于舞毒蛾卵平腹小蜂 *Anastatus japonicus* Ashmead (冯继华等, 1999)。在室内寄生试验时其寄生率则可以达到 27% (李镇宇等, 2001)。因此，可以考虑通过室内人工大量繁殖大蛾卵跳小蜂用于野外释放，以提高其在林间的寄生率。

柞蚕 *Antheraea pernyi* (Guerin-Meneville)卵已被用来繁殖白蹄平腹小蜂 *Pseudanastatus albitarsis* (Ashmead)(李中新和刘玉升, 2003)和多种赤眼蜂 *Trichogramma* spp. (万方浩等, 2000; 郑礼等, 2003; 耿金虎等, 2005)等卵寄生蜂。作为替代寄主，柞蚕卵可能比其他替代寄主卵对寄生蜂有更强的寄生潜能，以及在保存和复壮方面的优势(孙光芝等, 1999)。作者尝试利用柞蚕卵在室内繁殖大蛾卵跳小蜂，获得了初步成功。本研究测定了大蛾卵跳小蜂的发育起点温度和有效积温，目的是为将来大规模繁育时控制大蛾卵跳小蜂的繁育进度提供指导，并对利用舞毒蛾卵和柞蚕卵繁育出的大蛾卵跳小蜂的品质进行了初步比较，为利用柞蚕卵繁育大蛾卵跳小蜂打下基础。

## 1　材料与方法

### 1.1　供试材料

**1.1.1**　舞毒蛾卵：室内培养天敌所用的舞毒蛾卵为中国林业科学研究院昆虫病理研究室室内饲养的舞毒蛾所产卵块，无寄生蜂寄生。卵块产后立即收集，置于冷藏室(6 ~ 8℃)内保存。

**1.1.2**　柞蚕卵：于上一年 10 月份自河北省青龙满族自治县购得柞蚕茧蛹，置于冰柜内 0℃ 条件下冷藏。实验前将蛹置于室温下羽化，取雌蛾剖腹卵。卵的前处理方式略。

**1.1.3**　大蛾卵跳小蜂：2010 年 8 月自辽宁阜新细河区九营子村(42°03.122′ N, 121°33.931′ E)采集野生舞毒蛾卵，运回室内后即有自然寄生的大蛾卵跳小蜂羽化。利用室内饲养得到的舞毒蛾卵接种大蛾卵跳小蜂，接种后置于温度 25℃，相对湿度 65% 条件下进行培养，建立大蛾卵跳小蜂室内饲养种群。

### 1.2　不同温度下大蛾卵跳小蜂的室内饲养和观察

采用 RXZ-158A 智能型人工气候箱，设置 16, 20, 24, 28, 32℃ (±0.5℃) 5 个温度梯度，相对湿

度均为 65% ± 5%，光周期为 14L: 10D。将室内保存的舞毒蛾卵块从冷藏室(6 ~ 8℃)中取出，依序在 10℃和 20℃人工气候箱中各过渡 1 d，然后将卵块分散成粒，装入聚乙烯保鲜盒(6 cm × 12 cm × 18 cm)中。保鲜盒顶部有 2 个直径 0.8 cm 的小孔，覆盖纱网以透气。将大蛾卵跳小蜂成蜂引入上述保鲜盒后置于 25℃条件下让其寄生。48 h 后分别将已被寄生的舞毒蛾卵置于设定的 5 个温度条件下进行培养。每温度设 3 个重复，每个重复 100 ~ 300 粒卵。每日定时观察 2 次，分别在 12:00 和 22:00 开始观察，每次观察时间约为 40 min，记录出蜂数量(单寄生)，并将已羽化小蜂个体全部取出。观察直至子代蜂全部羽化。采用最小二乘法计算小蜂从卵至成蜂羽化前的发育起点温度(*C* 值)和有效积温(*K* 值)。

**1.3 柞蚕卵繁育的大蛾卵跳小蜂品质评价**

为了评价柞蚕卵繁育出的大蛾卵跳小蜂的品质，对分别用柞蚕卵和舞毒蛾卵繁育出的大蛾卵跳小蜂的部分指标进行了比较。

**1.3.1** 成蜂寿命：分别从 2 种寄主卵中取当天羽化出的跳小蜂，单头引入小试管(管长 7.5 cm，管口直径 1.0 cm)，用棉塞塞紧试管口，在每个棉塞上滴 30% 的蜂蜜水 0.1 mL 作为营养物质饲喂成蜂，并置于温度 25℃，相对湿度 75% 气候箱中。不同寄主卵所繁殖的雌、雄性成蜂分别处理，每组 3 个重复，每个重复的小蜂数量均大于 30 头。每日 12:00 检查小蜂死亡情况并以同样方法继续饲喂存活个体，每次观察时间约为 40 min。实验观察直至成蜂全部死亡，记录每头小蜂从羽化到死亡的时间，单位为 d。另取从舞毒蛾卵中当天羽化的小蜂，每管饲喂 0.1 mL 蒸馏水，作为对照，其他方法同上。

**1.3.2** 成蜂个体大小：大蛾卵跳小蜂存活时不易测量其大小，因此取其死亡后的个体作为测量对象。小蜂死亡后身体会弯曲皱缩，但胸宽不变，因此测量跳小蜂的后胸(metathorax)宽，可以比较柞蚕卵与舞毒蛾卵繁育出的大蛾卵跳小蜂的个体大小差异。使用带刻度的解剖镜分别测量柞蚕卵和舞毒蛾卵繁育出的雌、雄小蜂各 30 头。

**1.3.3** 成蜂性别比例：子代的性别比例是评价天敌品质的重要指标。大蛾卵跳小蜂的雌性成蜂触角为膝状，具黑色光泽，而雄性成蜂触角为念珠状，呈半透明(Brown, 1984)。分别选取柞蚕卵和舞毒蛾卵繁殖的大蛾卵跳小蜂各 1 300 头左右，在解剖镜下逐个观察并记录其性别及其数量。

**1.4 数据统计与分析**

根据发育历期和温度的线性关系，可以计算出昆虫完成发育所需的有效积温，在理论上这一积温为一常数(丁岩钦, 1994)。即

$K = N(T - C)$ 令: $V = 1/N$, 则: $T = C + KV$。

其中: *K* 为有效积温, *N* 为发育历期, *T* 为处理温度, *C* 为发育起点温度, *V* 为发育速率。

利用统计软件 SPSS 13.0 对两种寄主卵培养出的大蛾卵跳小蜂子代成蜂各项指标进行比较。其中，大蛾卵跳小蜂的寿命采用多重比较进行比较(One way ANOVA, Dunnett *T*3 检验)，个体大小采用配对样本 *t* 检验，成蜂性别则采用 2 × 2 列联表的 $\chi^2$ 检验进行比较。

## 2 结果与分析

**2.1 大蛾卵跳小蜂的发育与温度关系**

大蛾卵跳小蜂的发育历期与温度的关系符合双曲线变化趋势(图 1: a)，发育速率与温度的关系符合直线变化趋势(图 1: b)。在 16 ~ 32℃ 范围内，大蛾卵跳小蜂均能正常完成发育。在 16℃ 完成一个世代需要时间最长，平均 49.27 d。随着温度的升高，完成一个世代所需的天数逐渐缩短，在 32℃ 时仅需要 12.59 d。

根据不同处理温度下的发育历期 *N* 和发育速率 *V*，计算出大蛾卵跳小蜂的发育起点温度为10.50 ± 1.41℃，有效积温为 260.74 ± 25.09 日·度，温度与发育速率的回归方程为 $T = 10.50 + 260.74V$，相关系数为 0.94，经 *t* 检验，发育速率与处理温度间相关性显著($t = 13.99$, $P < 0.01$)。

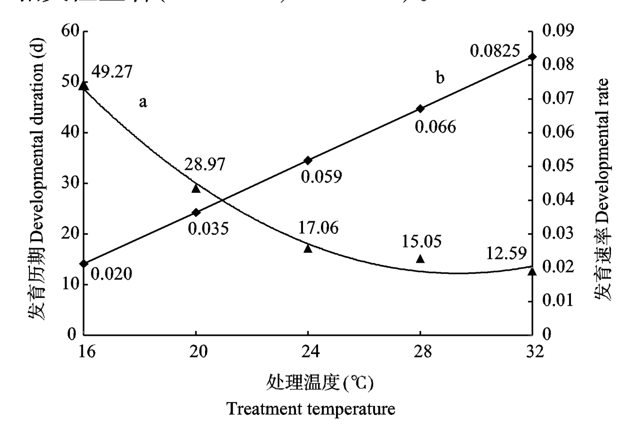



图 1 大蛾卵跳小蜂发育历期与温度的关系

Fig. 1 The relationship between environmental temperature and developmental duration of *Ooencyrtus kuwanae*

a: 双曲线函数关系 The hyperbolic-type functional relationship; b: 直线函数关系 The straight line functional relationship.

### 2.2　利用柞蚕卵与舞毒蛾卵繁育出的大蛾卵跳小蜂成蜂品质比较

**2.2.1**　成蜂寿命比较：采用蒸馏水饲喂舞毒蛾卵繁育出的大蛾卵跳小蜂时，雄蜂平均寿命为 5.29 d，雌蜂为 4.08 d(表 1)；采用 30% 蜂蜜水饲喂成蜂时，其寿命显著提高，雄蜂平均寿命为 15.95 d (最长 33 d)，雌蜂 20.94 d(最长 54 d)；用 30% 蜂蜜水饲喂柞蚕卵繁育出的成蜂时，雄蜂平均寿命 10.38 d(最长 37 d)，雌蜂 15.01 d(最长 26 d)。统计结果显示，3 种处理间成蜂的寿命差异显著(雄：$F = 109.79$，$df = 2$，$P < 0.001$；雌：$F = 159.32$，$df = 2$，$P < 0.001$)。在饲喂蜂蜜水的相同条件下，舞毒蛾卵繁育出的雄蜂和雌蜂的寿命均分别显著高于柞蚕卵繁育出的雄蜂和雌蜂的寿命(雄：$F = 44.257$，$df = 1$，$P < 0.05$；雌：$F = 33.299$，$df = 1$，$P < 0.05$)。

**表 1　两种寄主卵培养出的大蛾卵跳小蜂成蜂寿命(d)比较**

**Table 1　Comparison of the longevity (d) of *Ooencyrtus kuwanae* adults reared from the substitute host and the natural host**

| 处理类型<br>Different treatments | 雌蜂<br>Female | 雄蜂<br>Male |
|---|---|---|
| 以舞毒蛾卵为寄主培养的大蛾卵跳小蜂成蜂饲喂蒸馏水<br>Adults reared from *L. dispar* eggs and fed with pure water | 4.08 ± 0.14 a | 5.29 ± 0.15 a |
| 以舞毒蛾卵为寄主培养的大蛾卵跳小蜂成蜂饲喂 30% 蜂蜜水<br>Adults reared from *L. dispar* eggs and fed with 30% honey | 20.94 ± 1.07 b | 15.95 ± 0.66 b |
| 以柞蚕卵为寄主培养的大蛾卵跳小蜂成蜂饲喂 30% 蜂蜜水<br>Adults reared from *Antheraea pernyi* eggs and fed with 30% honey | 15.01 ± 0.39 c | 10.38 ± 0.52 c |

表内同一列中不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.001$，多重比较 Dunnett *T3* 检验)。Different lowercase letters in the same column mean significant difference between different treatments ($P < 0.001$, Dunnett *T3* test, one way ANOVA).

**2.2.2**　成蜂后胸宽比较：舞毒蛾卵繁育出的大蛾卵跳小蜂雄蜂的后胸宽平均为 0.435 ± 0.005 mm (n = 30)，雌蜂平均 0.496 ± 0.003 mm (n = 30)；柞蚕卵繁育出的雄蜂后胸宽平均为 0.433 ± 0.004 mm (n = 30)，雌蜂平均 0.549 ± 0.006 mm (n = 30)。经检验，两种寄主卵繁育出的雄蜂大小没有显著差异($t = 0.313$，$df = 29$，$P > 0.05$)，而柞蚕卵繁育的雌蜂后胸宽明显大于舞毒蛾卵繁育出的雌蜂后胸宽($t = 9.037$，$df = 29$，$P < 0.05$)。

**2.2.3**　成蜂性别比例比较：两种寄主卵繁育出的大蛾卵跳小蜂的性别比差别不大。舞毒蛾卵繁育出的 1 266 头成虫中，雌雄性比为 2.42∶1；柞蚕卵繁育出的 1 418 头成蜂中，雌雄性比为 2.57∶1。$\chi^2$ 检验结果显示，两种处理间没有显著差异($\chi^2 = 0.495$，$P > 0.05$)。

## 3　讨论

研究天敌昆虫发育与环境温度的关系可以用于指导室内繁育时的温度控制和预测天敌的发育进度，并对准确把握放蜂时机具有一定的理论指导意义。作者对大蛾卵跳小蜂的发育与温度的关系进行了研究，为人工室内繁育大蛾卵跳小蜂打下了理论基础。对于大蛾卵跳小蜂幼虫不同龄期的发育进度与温度的关系，还需在将来进一步进行研究。

在室内利用柞蚕卵成功繁殖大蛾卵跳小蜂的基础上，本文对利用柞蚕卵繁育出的小蜂的寿命、个体大小和雌雄性比进行了评价。对于大蛾卵跳小蜂成蜂的寿命，严静君等(1989)发现，在不饲喂情况下，雌蜂可以生活 24 d，雄蜂存活 3 ~ 4 d；在饲喂情况下，成蜂寿命约为 35 ~ 42 d，雌蜂最长可生活 130 d，雄蜂 105 d，但文中未提及当时的环境温度。在本研究中大蛾卵跳小蜂成蜂的寿命较短，可能与试验中环境温度较高有关，也不排除有其他方面的原因。在同等补充营养条件下，柞蚕卵繁育出的雄蜂和雌蜂平均寿命均明显低于舞毒蛾卵繁育出的成蜂寿命，可能与柞蚕卵厚度(48 ± 5.4 μm)(张敏玲，1999)明显大于舞毒蛾卵厚度有关，猜测大蛾卵跳小蜂在羽化出柞蚕卵壳时可能需要耗费更多的能量。另外，寄主卵营养成分的不同也可能影响到跳小蜂成蜂的寿命。

柞蚕卵与舞毒蛾卵繁育出的雄蜂个体大小无显著差异，而柞蚕卵繁育出的雌蜂个体显著大于舞毒蛾卵繁育出的雌蜂个体，原因可能是柞蚕卵比舞毒

蛾卵能够提供较为充足的营养，更能满足雌蜂发育的营养需求。这种个体大小的差异对于大蛾卵跳小蜂的生物学特性是否有影响，有待进一步研究。对于雌雄性比这一重要指标来说，替代寄主柞蚕卵繁育出的小蜂与自然寄主舞毒蛾卵繁育出的小蜂没有明显差异，并且与野外的雌雄比例(Brown，1984)相似。

室内大规模繁殖高品质的天敌昆虫是实现利用天敌昆虫开展生物防治的必要条件。柞蚕卵繁育出的大蛾卵跳小蜂的寿命虽然低于原寄主舞毒蛾卵繁育出的大蛾卵跳小蜂的寿命，但在个体大小及雌雄性比方面优于或类似于舞毒蛾卵繁育出的大蛾卵跳小蜂，因此可以利用柞蚕卵作为替代寄主繁殖大蛾卵跳小蜂。对于利用柞蚕卵繁育的大蛾卵跳小蜂的繁殖能力以及寄主搜索能力是否有所变化，则有待进一步研究。

## 参考文献(References)


Brown MW, 1984. Literature review of *Ooencyrtus kuwanae* (Hymenoptera: Encyrtidae), an egg parasite of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Entomophaga*, 29(3): 249 – 265.

Brown MW, Cameron EA, 1982. Natural enemies of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) eggs in central Pennsylvania, U. S. A., and a review of the world literature on natural enemies of *L. dispar* eggs. *Entomophaga*, 27(3): 311 – 322.

Ding YQ, 1994. Mathematical Ecology of Insects. Science Press, Beijing. 318 – 331. [丁岩钦，1994. 昆虫数学生态学. 北京：科学出版社. 318 – 331]

Feng JH, Yan GZ, Yao DF, Li GW, Zhao ZL, 1999. Studies on insect natural enemy diversity of Gypsy moth and their role in natural control of the pest (Lepidoptera: Lymantriidae) in Beijing area. *Scientia Silvae Sinicae*, 35(2): 50 – 56. [冯继华，闫国增，姚德富，李广武，赵仲苓，1999. 北京地区舞毒蛾天敌昆虫及其自然控制研究. 林业科学，35(2): 50 – 56]

Geng JH, Shen ZR, Li ZX, Zhang F, 2005. Effect of high temperature shocks on *Trichogramma dendrolomi* reared on *Antheraea pernyi* eggs. *Chinese Journal of Biological Control*, 21(4): 222 – 226. [耿金虎，沈佐锐，李正西，张帆，2005. 高温冲击对柞蚕卵繁殖赤眼蜂的影响. 中国生物防治，21(4): 222 – 226]

Hérard F, 1979. Action of oophagous natural enemies of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) in the Mamora forest (Marocco). *Entomophaga*, 24(2): 163 – 175.

Hérard F, Mercadier G, 1980. Comparison of biotic characteristics of two cultures (Moroccan and American) of *Ooencyrtus kuwanae* (Hymenoptera: Encyrtidae) egg parasite of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Entomophaga*, 25(2): 129 – 137.

Li ZX, Liu YS, 2003. Advances of the propagation and utilization on parasitoids. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science)*, 34(2): 289 – 293. [李中新，刘玉升，2003. 寄生蜂的繁殖与利用进展. 山东农业大学学报(自然科学版)，34(2): 289 – 293]

Li ZY, Yao DF, Chen YM, Feng JH, Yan GZ, Shi J, 2001. Parasitioids and alternate hosts of Gypsy moth in Beijing area. *Journal of Beijing Forestry University*, 23(5): 39 – 42. [李镇宇，姚德富，陈永梅，冯继华，闫国增，石娟，2001. 北京地区舞毒蛾寄生性天敌昆虫及其转主寄主的研究. 北京林业大学学报，23(5): 39 – 42]

Smilowitz Z, Rhoads LD, 1973. An assessment of gypsy moth natural enemies in Pennsylvania. *Environmental Entomology*, 2(5): 797 – 799.

Somjee U, Ablard K, Crespi B, Schaefer PW, Gries G, 2011. Local mate competition in the solitary parasitoid wasp *Ooencyrtus kuwanae*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65: 1071 – 1077.

Sun GZ, Li X, Li C, Cui FT, Lan YF, Song Q, 1999. Effect on parasitizing ability of breeding host and inoculation proportion to *Trichogramma*. *Journal of Jilin Agricultural University*, 21 (Suppl.): 18 – 20, 44. [孙光芝，李想，李赤，崔凤桐，蓝雨峰，宋琦，1999. 繁殖寄主和接蜂比例对赤眼蜂寄主潜能的影响. 吉林农业大学学报，21(增刊): 18 – 20, 44]

Wan FH, Ye ZC, Guo JY, Xie M, 2000. Advance and prospects of biological control in China. *Entomological Knowledge*, 37(2): 65 – 74. [万方浩，叶正楚，郭建英，谢明，2000. 我国生物防治研究的进展及展望. 昆虫知识，37(2): 65 – 74]

Yan JJ, Pemberton RW, Yao DF, Liu HP, Li GW, 1994. Studies on the natural enemies of Gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) in Dayi, Sichuan province. *Scientia Silvae Sinicae*, 7(3): 269 – 276. [严静君，Pemberton RW，姚德富，刘后平，李广武，1994. 四川省大邑县舞毒蛾天敌的研究. 林业科学研究，7(3): 269 – 276]

Yan JJ, Xu CH, Li GW, Zhang PY, Gao WC, Yao DF, Li YM, 1989. Parasites and Predators of Forest Pests. China Forestry Publishing House, Beijing. 133 – 134. [严静君，徐崇华，李广武，张培义，高文呈，姚德富，李英梅，1989. 林木害虫天敌昆虫. 北京：中国林业出版社. 133 – 134]

Yao DF, Yan JJ, 1994. The parasitization dynamics of two egg parasites on Gypsy moth. *Scientia Silvae Sinicae*, 30(4): 334 – 337. [姚德富，严静君，1994. 两种卵蜂在舞毒蛾卵上的寄生动态. 林业科学，30(4): 334 – 337]

Zhang ML, 1999. The influence of the thickness of host eggs chorion on the longevity and fecundity of *Trichogramma cunfusum*. *Natural Enemies of Insects*, 21(4): 150 – 151. [张敏玲，1999. 寄主卵壳厚度对拟澳洲赤眼蜂寿命和产卵量的影响. 昆虫天敌，21(4): 150 – 151]

Zheng L, Song K, Zheng SH, 2003. Mass production of *Trichogramma* brassicae on eggs of *Sitotroga cerealella* (Olivier). *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 7(Suppl.): 29 – 32. [郑礼，宋凯，郑书宏，2003. 用麦蛾卵大量繁殖甘蓝夜蛾赤眼蜂(*Trichogramma brassicae*). 河北农业科学，7(增刊): 29 – 32]


(责任编辑：武晓颖)